

IRRIGAÇÃO DE PORTA-ENXERTOS CÍTRICOS COM ÁGUAS SALINAS

**Tales Miler Soares¹; Sergio Nascimento Duarte¹; Christiano César Dibbern Graf²;
Marcelo Zanetti²; Silvio Sandoval Zocchi³**

¹Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, talesmiler@bol.com.br

²Citrograf Mudas, Conchal, SP

³Departamento de Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

1 RESUMO

Avaliar o desenvolvimento dos porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’, tangerineira ‘Cleópatra’ e citrumeleiro ‘Swingle’, irrigados com águas salinas, mensurando se a aplicação de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ mitiga eventuais efeitos de íons fitotóxicos, foi objetivo do presente trabalho, conduzido sob ambiente protegido, em Rio Claro-SP. Investigou-se três qualidades de água: água natural ($\text{CE}_a = 1,19 \text{ dS m}^{-1}$), explorada de poço tubular profundo, água dessalinizada ($\text{CE}_a = 0,02 \text{ dS m}^{-1}$), obtida mediante osmose reversa da água natural, e água residual ($\text{CE}_a = 2,11 \text{ dS m}^{-1}$), sub-produto da dessalinização. Os níveis de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ avaliados foram 0 e $2,105 \text{ g L}^{-1}$. Averiguando-se os parâmetros usuais do crescimento vegetal, não foram observadas diferenças estatísticas, entre os tratamentos, decorrentes da qualidade da água, embora se tenha registrado que esta contribuiu para o aumento da salinização do substrato, ultrapassando, inclusive, o valor da salinidade limiar ($\text{CE}_{es} = 1,4 \text{ dS m}^{-1}$) reconhecido para os citros. A adição de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ não incrementou o desenvolvimento, atuando negativamente no crescimento inicial das raízes e do caule. O curto período necessário ao crescimento dos porta-enxertos, proporcionado pelo atual sistema de produção, associado às irrigações freqüentes e suas frações de lixiviação podem ter restringido efeitos negativos das águas salinas investigadas.

UNITERMOS: *Citrus*, salinidade, condutividade elétrica, substrato.

**SOARES, T.M.; DUARTE, S.N.; GRAF, C.C.D.; ZANETTI, M.; ZOCCHI, S.S.
CITRUS ROOTSTOCKS IRRIGATION WITH SALINE WATER**

2 ABSTRACT

This research aimed to evaluate the growth of three citrus rootstocks (‘Rangpur’ lime, ‘Cleopatra’ mandarin and ‘Swingle’ citrumelo) irrigated with saline waters, under greenhouse conditions, in order to measure if calcium nitrate mitigates their toxic effects. Three water qualities were investigated: natural water ($\text{EC}_w = 1,19 \text{ dS m}^{-1}$), obtained from a deep tubular well, desalinated water ($\text{EC}_w = 0,02 \text{ dS m}^{-1}$), obtained by reverse osmosis from the natural water, and reject water ($\text{EC}_w = 2,11 \text{ dS m}^{-1}$), resultant from the desalination process. Two $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ levels were evaluated: 0 and $2,105 \text{ g L}^{-1}$. Usual parameters for plant growth analysis were measured. According to Tukey’s test (5% probability), water quality did not affect rootstocks development, although the water type have contributed to increase the

electrical conductivity of substrate saturation extract (EC_s) along the experimental period, surpassing the salinity threshold value ($EC_s = 1,4 \text{ dS m}^{-1}$) reported for citrus. The $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ addition did not increase the plant growth, but negatively affected the first evaluations of root and stem diameter development. The short time necessary to rootstocks growth provided by new production system, associated to the frequent irrigations and its leaching fractions possible may have restricted the negative effects of saline waters.

KEYWORDS: *Citrus*, salinity, electrical conductivity, substrate.

3 INTRODUÇÃO

A produção de mudas não é importante apenas para a renovação dos pomares improdutivos. Não obstante, são as mudas e outros tipos de propágulos infectados uma das principais vias de disseminação de pragas e doenças para qualquer cultura, devendo-se ressaltar, então, que a produção de mudas sadias é uma atividade de caráter também estratégico para o controle fitossanitário.

A Agência de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo (Carvalho, 2003) regulamentou, a partir de fevereiro de 2003, que para a produção de mudas cítricas no Estado deve-se atender a uma série de exigências básicas, as quais, além de tornar compulsória a produção sob ambiente protegido, pregam as mesmas normas até então vigentes apenas para a produção de mudas certificadas. Dentre os principais requisitos para obtenção da certificação, teve-se sempre como compulsório (Graziano, 1998) a utilização de substrato e água de irrigação livres de patógenos. Para atender às normas e evitar contaminar as mudas com patógenos disseminados via água, preconiza-se o tratamento da água de irrigação com cloro a 5 mg L^{-1} ou a utilização de água de poço tubular profundo (Oliveira et al., 2001; Graf, 2001).

Embora as águas subterrâneas possam atender qualitativamente aos aspectos fitossanitários para obtenção de mudas certificadas e fiscalizadas de citros, conforme especificam as portarias ADAESP 2 e ADAESP 3 (Carvalho, 2003), deve-se ponderar que sua qualidade química pode ser limitante ao desenvolvimento vegetal. Ao se utilizar águas salinas, pode-se conduzir ao acúmulo de sais no meio de cultivo em níveis não tolerados pelas culturas. Além disto, sob ambiente protegido, o risco de salinização é potencializado quando as práticas da irrigação e da fertilização são manejadas incorretamente, levando em consideração a ausência, neste ambiente, de chuvas promotoras de lixiviação de nutrientes.

Como alternativa à recuperação do solo salinizado, que é trabalhosa, os produtores podem mudar a localização das estufas na propriedade. No caso específico da produção de mudas cítricas em recipientes, o acúmulo de sais no meio de cultivo não se torna importante pelas dificuldades em se recuperá-lo, já que este é vendido, e expedido, com a muda. Hipotetiza-se, porém, que mesmo em meio moderadamente salino o desenvolvimento das mudas pode ser retardado, o que aumentaria o tempo para sua comercialização, reduzindo a renda do produtor por área de estufa ocupada.

Maas e Hoffman (1977) definiram que a relação entre salinidade e produção pode ser expressa como uma função de resposta linear negativa para os níveis de salinidade acima de um limite crítico. Compilando dados de outros pesquisadores, tipicamente obtidos com tratamentos impostos por mais de 2 a 4 anos, com vários níveis de salinidade, Maas (1993) relatou uma salinidade limiar (condutividade elétrica do extrato de saturação) e um declínio (% de redução da produção por 1 dS m^{-1} aumentado na salinidade acima do limite) de, respectivamente, $1,4 \text{ dS m}^{-1}$ e 13 % para citros.

As frutas cítricas são classificadas como sensíveis aos sais (Ayers; Westcot, 1999), devido sua suscetibilidade à toxidez específica do cloreto (Cl^-) e/ou do sódio (Na^+) e ao efeito osmótico causado pela alta concentração de sais. Conforme Storey e Walker (1999), a literatura mostra que há considerável diversidade na resistência aos sais dentro do gênero *Citrus* e entre espécies aparentadas, mas que existem também exemplos de inconsistência na classificação de porta-enxertos, como observado por Maas (1993), o que pode ser devido às diferenças nas condições experimentais e também a possíveis causas genéticas. Explicam Storey e Walker (1999) que a habilidade de fruteiras cítricas em se desenvolver em solos salinos está geralmente associada com a 'exclusão' mais do que a 'tolerância' aos íons nas folhas. Ao termo 'exclusão', entende-se a capacidade dos genótipos em evitar o acúmulo foliar de íons tóxicos. Por sua vez, a tolerância se refere à resistência aos sais já acumulados nos tecidos foliares. Apesar das inconsistências apontadas por Maas (1993) na classificação de genótipos cítricos em relação à sua sensibilidade aos sais, tem-se reportado constantemente o limoeiro 'Cravo' e a tangerineira 'Cleópatra' como dos menos suscetíveis aos sais (Storey; Walker, 1999), tanto pela 'exclusão' de íons Cl^- quanto pela de Na^+ . Por outro lado, *Poncirus trifoliata* e seus híbridos, incluindo o citrumeleiro 'Swingle', são considerados ineficientes 'eliminadores' de Cl^- , mas bons 'eliminadores' de Na^+ sob baixa salinidade (Zekri; Parsons, 1992; Storey; Walker, 1999).

O cálcio é conhecido por mitigar os efeitos adversos da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas, inclusive para citros, conforme mostrado por Bañuls e Primo-Millo (1992), que procuraram reduzir a RAS da água de irrigação de 20,13 para 12,99 ou 7,95, mediante aplicação de Ca. A aplicação de Ca pode reduzir não apenas a absorção de Na, mas também a de Cl, podendo ser sugerido que há uma competição aniônica entre o Cl e o ânion acompanhante do Ca adicionado, embora, conforme demonstrado por Bañuls e Primo-Millo (1992), isto não explique a magnitude das reduções que se observaram, indicando também um efeito direto do Ca sobre a absorção de Cl.

Tendo em vista a obrigatoriedade da produção de mudas cítricas em ambiente protegido (Carvalho, 2003), associada à alternativa de utilização de águas subterrâneas para sua irrigação (Graf, 2001), como previsto pelo novo Programa de Produção de Mudanças Cítricas de São Paulo, torna-se necessário avaliar a influência da qualidade química da água no desenvolvimento de porta-enxertos e mudas, mesmo porque os dados disponíveis sobre os efeitos da salinidade na citricultura se mostram inconsistentes. Acrescenta-se ainda o fato de que não é aconselhável extrapolar para o Brasil os resultados obtidos em outros países, onde as condições climáticas e de produção são distintas, e onde se utilizam diferentes variedades como porta-enxertos e copas. Considerando as premissas expostas, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a produção de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo', tangerineira 'Cleópatra' e citrumeleiro 'Swingle', submetidos à influência de águas salinas e verificar se a aplicação de nitrato de cálcio mitiga os eventuais prejuízos da toxidez causada pelas presenças do cloreto e do sódio na água de irrigação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Rio Claro – SP (coordenadas geográficas 22° 33' e 22° 14' S, 47° 46' e 47° 27' W), em estufa da empresa Citrograf Mudanças, obedecendo-se a todas as normas exigidas pelo Programa de Certificação de Mudanças Cítricas vigente no Estado de São Paulo (Carvalho, 2003) e respeitando as práticas de manejo da empresa, sem detrimento das interferências necessárias às validações científicas. A estufa cedida para

instalação do experimento tem 2.650 m², sendo coberta por filme plástico transparente. O experimento foi conduzido no centro de uma bancada (com capacidade para comportar 8 plantas ensacoladas em 1,30 m de largura) localizada no meio da estufa, a qual, durante todo período experimental, esteve ocupada plenamente com mudas transplantadas de mesmo porte e com a mesma idade das plantas investigadas.

Os porta-enxertos (após 6 a 7 meses da sementeira) destinados ao experimento foram desenvolvidos em tubetes plásticos, sendo transplantados, em 19/02/2003, para sacolas cilíndricas de polietileno preto (25 x 32 cm), com capacidade para 5 L, as quais foram preenchidas com 2,8 kg de substrato comercial à base de casca de *Pinus* (Quadro 1). Para adubação do meio de cultivo, utilizou-se fertilizante de liberação lenta na formulação de 22-04-08 contendo micronutrientes, aplicado na dosagem de 2,46 kg m⁻³ de substrato. No transplantio, somente foram utilizadas plantas selecionadas quanto ao porte, garantindo-se a uniformidade fenotípica para todos os porta-enxertos avaliados, antes da efetivação dos tratamentos propostos. Atentou-se também para a não utilização de plantas zigóticas, visando a homogeneidade dos genótipos.

Quadro 1. Caracterização química do substrato orgânico

Determinações (110 °C)		Determinações (110 °C)	
pH em CaCl ₂ 0,01M*	5,8	Cálcio (Ca) total	970 mmol _c kg ⁻¹
Densidade absoluta*	0,58 g cm ⁻³	Magnésio (Mg) total	1.492 mmol _c kg ⁻¹
Umidade total (110 °C)*	52,50%	Potássio (K) total	61,70 mmol _c kg ⁻¹
Matéria orgânica total (combustão)	53,16%	Sódio (Na) total	20,61 mmol _c kg ⁻¹
Matéria orgânica compostável	48,48%	Relação C/N (C total e N total)	51:1
Carbono total (orgânico e mineral)	29,54%	Relação C orgânico/N total	47:1
Carbono orgânico	26,93%	Cobre (Cu) total	42 mg kg ⁻¹
Resíduo mineral total	46,84%	Manganês (Mn) total	253 mg kg ⁻¹
Nitrogênio total	0,57%	Zinco (Zn) total	112 mg kg ⁻¹
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,67%	Ferro (Fe) total	25.076 mg kg ⁻¹
Enxofre (S) total	0,53%	Boro (B) total	11 mg kg ⁻¹

*Base úmida

As plantas dos porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck), tangerineira ‘Cleópatra’ (*C. reshni* Hort. ex Tan.) e citrumeleiro ‘Swingle’ (*C. paradisi* Macf. x *Poncirus trifoliata* [L.] Raf.), após 20 dias (10/03/2003) de seu transplantio, foram submetidas por 66 dias (até 15/05/2003) aos seguintes tipos de água de irrigação: água natural (N), água doce (D) e água residual (R), cujas salinidades expressas em condutividade elétrica (CE_a) são, respectivamente: 1,19; 0,02 e 2,11 dS m⁻¹. Avaliou-se, concomitantemente, os efeitos da adição de nitrato de cálcio às águas de irrigação, conforme os tratamentos demonstrados na Tabela 1, e nos quais está fixada em 2,105 g L⁻¹ a concentração deste fertilizante, quando aplicado. A concentração do fertilizante foi estabelecida visando abaixar a RAS das águas salinas para a faixa de 3 a 9.

Tabela 1. Caracterização química das águas às quais foram submetidos os porta-enxertos

Abreviação	Tratamento	Cl	Na	Ca	K	Mg	RAS	CE _a
		----- (mmol _c L ⁻¹) -----					(mmol _c L ⁻¹) ^{1/2} (dS m ⁻¹)	
D	Água doce	0,05	0,25	0,01	0,003	0,003	3,16	0,02
D+Nit	Água doce + Ca(NO ₃) ₂	0,05	0,25	20,01	0,003	0,003	0,08	2,13
N	Água natural	4,69	10,57	0,10	0,013	0,008	45,40	1,19
N+Nit	Água natural + Ca(NO ₃) ₂	4,69	10,57	20,10	0,013	0,008	3,33	2,83
R	Água residual	9,41	17,17	0,17	0,023	0,008	57,51	2,11
R+Nit	Água residual + Ca(NO ₃) ₂	9,41	17,17	20,17	0,023	0,008	5,41	3,66

A água natural é obtida diretamente do manancial subterrâneo explorado na área experimental e, conforme o processo de osmose reversa utilizado para dessalinizá-la, produz-se a água doce. Como sub-produto do processo de dessalinização, tem-se a água residual com concentração iônica majorada. A adição de nitrato de cálcio às águas doce, natural e residual resulta nos seguintes níveis de CE_a: 2,13 dS m⁻¹, 2,83 dS m⁻¹ e 3,66 dS m⁻¹, respectivamente.

O experimento foi conduzido no delineamento aleatorizado em blocos, com 18 tratamentos arrançados em um esquema fatorial de 3 x 3 x 2 (tipo de porta-enxerto x tipo de água x aplicação de nitrato de cálcio), com 6 repetições. Cada parcela foi representada por 8 plantas ensacoladas. A análise estatística foi efetuada no programa SAS, sendo a comparação das médias realizada pelo teste de Tukey quando a razão F acusava possível significância a 5%.

O controle da irrigação foi efetuado para cada tipo de porta-enxerto separadamente, mediante a pesagem das sacolas para o cálculo do volume de água a repor, utilizando-se para tanto apenas plantas irrigadas com água dessalinizada sem nitrato de cálcio (Testemunha Absoluta). Os volumes de irrigação (VI, em mL), calculados com a eq. (1) (que considera uma fração de lixiviação FL de 20%) foram medidos em recipientes, previamente calibrados mediante a utilização de uma proveta, e então entornados parcimoniosamente no substrato de cultivo, praticamente sem contato com as folhas. A velocidade da operação foi controlada pelo volume de irrigação e também pela umidade atual do substrato, que se mostrou hidrofóbico quando seco, requerendo neste caso mais parcimônia. As irrigações foram realizadas diariamente ou a cada dois dias.

$$VI = \frac{(Cc - Pa)}{(1 - FL)} \quad (1)$$

em que:

Cc = peso da sacola com substrato na 'capacidade de container', g;

Pa = peso atual da sacola antes da irrigação, g;

Adaptou-se nos recipientes de cultivo, um sistema de coleta para a água drenada, consistindo de um saco plástico transparente, cujo orifício de descarga era vedado dobrando-se o próprio plástico e segurando as dobras com pregador. Em um dos seis blocos, avaliava-se o volume drenado (Vd) por porta-enxerto (18 plantas), aferindo-se as frações de lixiviação com a equação (2).

$$FL = \frac{Vd}{VI} \quad (2)$$

Reitera-se que tanto as lâminas de irrigação quanto as frações de lixiviação foram computadas por tipo de porta-enxerto e não por tratamento, portanto, desconsiderando as eventuais diferenças no consumo de água, ocasionadas pelos níveis de salinidade e pela presença do nitrato de cálcio.

A salinização do substrato foi monitorada mediante análise da solução lixiviada obtida no aparato de coleta da drenagem. Periodicamente, foram coletadas amostras das repetições, as quais constituíram amostras compostas para cada tratamento, sendo a medição da condutividade elétrica efetuada em aparelho portátil (erro de $\pm 2\%$). Ao final do período experimental, avaliou-se a salinização do substrato mediante a leitura da condutividade elétrica, do pH e das concentrações de cálcio, de cloreto e de sódio no extrato de saturação do substrato, também utilizando amostras compostas de todas as repetições para cada tratamento.

A avaliação do desenvolvimento dos porta-enxertos foi realizada em três épocas, caracterizadas em DAT (dias após o transplante): 41 DAT, 63 DAT e 85 DAT, as quais correspondem, respectivamente a 22, 44 e 66 dias de condicionamento aos tratamentos. Durante estas épocas foram mensurados, mediante amostragem simples nos blocos (6 plantas por tratamento), os seguintes parâmetros: altura da planta, diâmetro do caule (a um cm do nível do substrato), número de folhas, massa seca das folhas, massa seca do caule, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total e relação de massas secas das raízes e da parte aérea. A área foliar foi medida apenas na última avaliação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas de limoeiro 'Cravo' demandaram maiores lâminas de irrigação que as de tangerineira 'Cleópatra' e as de citrumeleiro 'Swingle', sendo que para estes dois últimos porta-enxertos se repôs praticamente o mesmo montante de água requerido ao longo do período experimental. As lâminas brutas diárias repostas ao limoeiro 'Cravo', à tangerineira 'Cleópatra' e ao citrumeleiro 'Swingle' foram, em média, respectivamente: 5,27 mm d⁻¹; 3,49 mm d⁻¹ e 3,43 mm d⁻¹.

Inicialmente, procurou-se aplicar uma fração de lixiviação de 20% a cada irrigação. Entretanto, a lâmina assim corrigida proporcionava drenagem acima do previsto. Tentou-se ainda controlar a irrigação por meio de um balanço hídrico, assumindo como lâmina de irrigação o consumo registrado para o dia anterior, entretanto, continuou-se observando elevadas frações de lixiviação. Neste sentido, manteve-se o controle de irrigação efetuado pela pesagem dos recipientes em função da 'capacidade de container', sem se impor uma fração de lixiviação.

As perdas por percolação foram inerentes à drenagem natural, decorrente do procedimento de irrigação adotado, ou seja, mesmo quando se calculava a lâmina a ser aplicada sem incluir uma fração de lixiviação, verificava-se que a mesma ocorria. Isto se deve possivelmente ao fato da velocidade de percolação ser superior à velocidade de retenção de água pelo substrato utilizado. Sinaliza-se esta possibilidade pela verificação de que, quando seco, o substrato mostrou-se hidrofóbico na camada superior, sendo registrado que as maiores frações de lixiviação advieram das maiores lâminas aplicadas, ou seja, após as maiores perdas de água no meio. Durante o período experimental, as frações de lixiviação médias para os

tratamentos com os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’, citrumeleiro ‘Swingle’ e tangerineira ‘Cleópatra’ foram, respectivamente: 25,23%; 26,10% e 28,41%. Sendo as irrigações efetuadas quase que diariamente, o secamento do substrato, verificado após os finais de semana ou eventuais dias consecutivos sem irrigação, logo era revertido, não prejudicando o manejo.

Verifica-se na Figura 1, que relaciona a condutividade elétrica da solução lixiviada com o tempo, que a salinização do substrato foi crescente para quase todos os tratamentos, sendo que a adição de nitrato de cálcio elevou consideravelmente a salinidade do meio. De maneira geral, para as testemunhas absolutas (irrigadas com água doce sem nitrato de cálcio (D)), observaram-se os menores valores de condutividade elétrica da água drenada, seguindo-se os valores proporcionados pela irrigação com as águas natural (N) e residual (R), ambas sem nitrato de cálcio. Particularmente para o limoeiro ‘Cravo’, verifica-se nitidamente a diminuição da salinidade do substrato para as águas dessalinizada (D) e natural (N), o que pode ser explicado pelo maior consumo de nutrientes em atendimento ao destacado desenvolvimento deste porta-enxerto, como apontado pela sua maior necessidade de água, sabendo-se que o acúmulo de matéria seca é proporcional à transpiração.

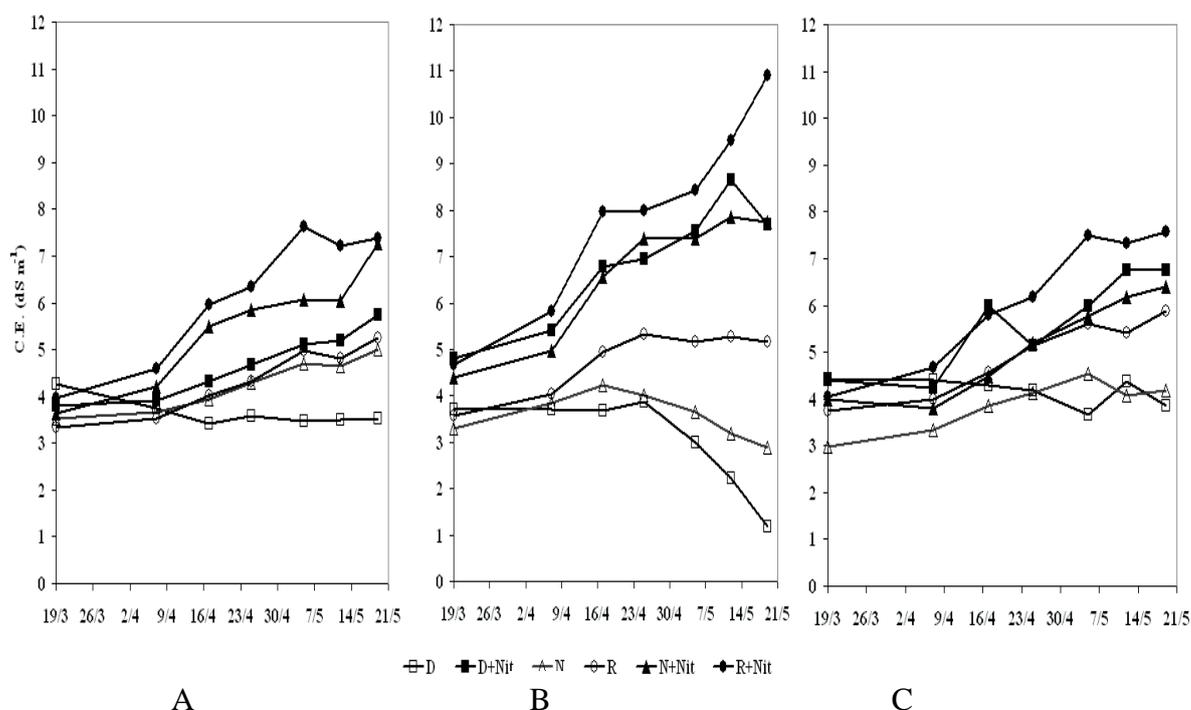


Figura 1. Condutividade elétrica da solução lixiviada em função dos tratamentos conformados com os porta-enxertos ‘Cleópatra’ (A), ‘Cravo’ (B) e ‘Swingle’ (C), ao longo do período experimental.

Por outro lado, e pela mesma razão, também se registraram elevados valores indicativos de salinização para o limoeiro ‘Cravo’, especialmente para os tratamentos com nitrato de cálcio (D+Nit, N+Nit e R + Nit), já que o acúmulo de sais é proporcional à quantidade de água aplicada. Também foram verificados elevados valores de CE da solução lixiviada nos tratamentos em que o nitrato de cálcio foi aplicado às águas de irrigação para tangerineira ‘Cleópatra’ e citrumeleiro ‘Swingle’. A transferência de íons do substrato para a água perdida por percolação também foi observada por Francescato (1995) e por Boaventura (2003). O primeiro autor, ao concluir pela utilização de irrigações mais frequentes, com decorrente esgotamento dos íons provenientes de adubos de liberação controlada, julgou ter de associá-

las à complementação nutricional para produção de porta-enxertos cítricos em tubetes. Já Boaventura (2003) observou altas concentrações de nutrientes na solução lixiviada coletada de sacolas cultivadas com mudas enxertadas, devido à rápida difusão dos nutrientes do adubo de liberação controlada.

Tabela 2. Resultado da análise do extrato de saturação do substrato, por tratamento, realizada ao final do experimento

Tratamento	Na	Ca	Cl	Condutividade elétrica	pH
	----- mmol _c L ⁻¹ -----			dS m ⁻¹	
<i>Origem*</i>	2,22	11,43	1,67	1,8	6,9
-----Tangerineira 'Cleópatra'-----					
D	3,52	14,08	1,61	2,5	6,5
D+Nit	3,96	20,50	1,52	4,0	6,3
N	8,43	15,05	6,28	3,1	6,3
N+Nit	9,39	18,30	5,54	4,0	6,6
R	13,91	13,25	10,27	3,2	6,6
R+Nit	16,17	18,50	10,77	4,1	6,5
-----Limoeiro 'Cravo'-----					
D	3,96	13,50	1,88	2,0	6,6
D+Nit	4,22	21,43	1,79	4,0	6,3
N	14,96	12,25	10,12	3,1	7
N+Nit	15,30	21,50	8,15	4,5	6,6
R	25,30	14,53	19,92	4,0	6,9
R+Nit	21,91	20,90	14,20	5,0	6,5
-----Citrumeleiro 'Swingle'-----					
D	3,22	13,48	1,67	2,6	6,9
D+Nit	5,04	17,08	2,76	3,5	6,9
N	8,35	13,65	6,28	3,0	7
N+Nit	9,91	18,98	6,95	4,0	6,9
R	12,87	13,13	11,65	3,2	7
R+Nit	13,91	18,78	9,80	4,3	6,2

*Referente ao substrato amostrado no dia do preenchimento das sacolas, antes da aplicação do adubo de liberação controlada.

Os valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato (Tabela 2), tomados ao final do experimento, foram maiores que os valores de condutividade elétrica das respectivas águas de irrigação (Tabela 1). Por outro lado, à mesma época, foram menores que os indicados na água de drenagem (Figura 1), ainda que a tendência observada entre os tratamentos, em relação à salinização do meio, tenha sido semelhante. Este resultado é comumente observado em vários experimentos em que se aplicam frações de lixiviação e, em particular para o experimento em questão, reforçado pelo fato de que as cascas de *Pinus* têm baixa capacidade de retenção iônica (CTC de 550 mmol_c dm⁻³, Martínez, 2002). Deste modo, as frações de lixiviação registradas garantiriam a viabilidade da utilização de águas

moderadamente salinas e reforçam o uso de adubação de liberação lenta ou do parcelamento múltiplo, em caso de adubação convencional, em se mantendo as condições do estudo.

Analisando-se a Tabela 2, observa-se que as águas natural e residual implicam em considerável aumento nos teores de Na^+ e Cl^- no extrato de saturação, para todos os porta-enxertos avaliados. A adição de nitrato de cálcio resultou em aumento nos teores de Ca^{+2} e Na^+ no extrato, sinalizando a menor adsorção de Na^+ e o deslocamento do Na^+ pelo Ca^{+2} para a solução do substrato. Sobre o teor de Cl^- , o nitrato de cálcio promoveu um comportamento variável, ainda que sua diminuição tenha sido mais freqüente (67% dos casos).

O limite máximo de cloreto permissível para o limoeiro 'Cravo' e para a tangerineira 'Cleópatra' é de $25 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, medido no extrato de saturação. Para o citrumeleiro 'Swingle' este limite é de $10 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ (Ayers; Westcot, 1999). Os dados apresentados na Tabela 2 indicam que este limite foi superado apenas no tratamento referente ao citrumeleiro 'Swingle' irrigado com água residual sem nitrato de cálcio (R). Registra-se ainda que a água residual (R), não corrigida com o nitrato de cálcio, proporcionou acúmulo de cloreto em níveis próximos dos limites citados para o porta-enxerto 'Cravo'.

Tabela 3. Médias de valores* tomados aos 41 DAT para: altura da planta (ALT), diâmetro do caule (D), matéria seca das raízes (MSR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (r)

FATOR	ALT (cm)	D (mm)	MS R (g)	MS PA (g)	MS T (g)	r
Porta-enxerto	Parâmetros avaliados					
'Cleópatra'	59b	3,99c	1,27c	3,49c	4,76c	0,365a
'Cravo'	65a	5,75b	2,01a	5,84a	7,85a	0,347a
'Swingle'	60b	6,29a	1,59b	4,32b	5,91b	0,372a
d.m.s	1,1	0,11	0,14	0,31	0,41	0,026
Nitrato de Ca						
Sem	61a	5,37a	1,69a	4,6a	6,29a	0,374a
Com	62a	5,32a	1,56b	4,5a	6,05b	0,349b
d.m.s	0,75	0,07	0,10	0,21	0,28	0,018
Tipo de água						
Dessalinizada	62a	5,39a	1,64a	4,52a	6,16a	0,369a
Natural	62a	5,36ab	1,61a	4,54a	6,14a	0,360a
Residual	61a	5,28b	1,63a	4,59a	6,22a	0,355a
d.m.s	1,1	0,11	0,14	0,31	0,41	0,026
C. V. (%)	3,18	3,54	15,6	12,3	11,2	12,8

*Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey

As análises de variância realizadas para os parâmetros de avaliação do desenvolvimento, nas três épocas de amostragem, revelaram que as interações duplas e triplas não foram significativas. Assim, as médias foram avaliadas separadamente para os três fatores de variação, quais sejam, tipo de porta-enxerto, qualidade da água e adição de nitrato de cálcio. As Tabelas 3, 4 e 5 apresentam os valores médios obtidos para alguns parâmetros de avaliação do desenvolvimento das plantas, nas três épocas de amostragem: 41, 63 e 85 dias após o transplântio (DAT), respectivamente. De maneira geral, somente foram causas de

variação significativa o tipo de porta-enxerto e a presença de nitrato de cálcio na água de irrigação. O tipo de água utilizado não levou a contrastes significativos entre os tratamentos, à exceção da análise do diâmetro do caule, que acusou diferença estatística na primeira avaliação, distinguindo a água residual da dessalinizada, e na segunda avaliação, distinguindo a água residual das águas dessalinizada e natural.

O maior desenvolvimento das plantas de limoeiro 'Cravo', seguido pelas de citrumeleiro 'Swingle' e por último pelas de tangerineira 'Cleópatra', ao final do período experimental (Tabela 5), também foi reportado por Mourão Filho et al. (1998), para a maioria dos substratos que estudaram.

Observa-se ainda nas Tabelas 3 e 4 que a aplicação de nitrato de cálcio às águas de irrigação não contribuiu para o melhor desenvolvimento das plantas, atuando, pelo contrário, negativamente no crescimento inicial do sistema radicular e no engrossamento do caule, o que pode ser reflexo da contribuição desta aplicação para a elevação da salinidade no substrato (Tabela 2), podendo ter havido diminuição da energia livre da água por efeito osmótico.

Tabela 4. Médias de valores* tomados aos 63 DAT para: altura da planta (ALT), diâmetro do caule (D), matéria seca das raízes (MSR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (r)

FATOR	ALT (cm)	D (mm)	MS R (g)	MS PA (g)	MS T (g)	r
Porta-enxerto						
Parâmetros avaliados						
'Cleópatra'	74b	4,16c	1,73c	6,08c	7,81c	0,285c
'Cravo'	84a	6,54b	3,49a	11,38a	14,87a	0,307b
'Swingle'	70c	6,84a	2,56b	7,56b	10,11b	0,340a
d.m.s	3,6	0,23	0,25	0,71	0,94	0,016
Nitrato de Ca						
Sem	76a	5,94a	2,62a	8,39a	11,01a	0,313a
Com	76a	5,75b	2,56a	8,29a	10,86a	0,308a
d.m.s	2,4	0,15	0,17	0,49	0,64	0,011
Tipo de água						
Dessalinizada	75a	5,93a	2,65a	8,43a	11,08a	0,312a
Natural	78a	5,92a	2,64a	8,54a	11,18a	0,308a
Residual	75a	5,69b	2,49a	8,05a	10,54a	0,312a
d.m.s	3,6	0,23	0,25	0,71	0,94	0,016
C.V.(%)	8,4	6,9	17,0	15,2	15,2	9,38

*Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey

Considerando que o limite para a condutividade elétrica no extrato de saturação é de 1,4 dS m⁻¹, referenciado à produção de frutos, conforme Maas (1993), e observando os valores registrados no presente trabalho, pode-se sinalizar que para a produção dos porta-enxertos estudados, após o transplantio, é possível se trabalhar com maiores níveis de salinidade no meio, em relação ao nível limiar preconizado para árvores safreiras, em se mantendo as condições do estudo. É provável que o curto período necessário ao alcance do ponto de enxertia (85 dias após o transplantio e 66 dias de exposição às águas), proporcionado pelo atual sistema de produção, juntamente com a percolação da água no substrato, tenham restringido os efeitos negativos da salinidade.

Tabela 5. Médias de valores* tomados aos 85 DAT para: área foliar (AF), altura da planta (ALT), diâmetro do caule (D), matéria seca das raízes (MSR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e relação raiz /parte aérea (r)

FATOR	AF (cm ²)	ALT (cm)	D (mm)	MS R (g)	MSPA (g)	MST (g)	r
Porta-enxerto	Parâmetros avaliados						
'Cleópatra'	639b	84b	4,51c	2,09c	8,14c	10,23c	0,256c
'Cravo'	1205a	108a	7,38b	5,15a	17,63a	22,79a	0,292b
'Swingle'	536c	76c	7,66a	3,62b	10,45b	14,07b	0,347a
d.m.s	50,4	3,8	0,24	0,33	0,92	1,21	0,016
Nitrato de Ca							
Sem	799a	90a	6,63a	3,66a	12,01a	15,66a	0,304a
Com	788a	89a	6,44a	3,58a	12,14a	15,73a	0,293b
d.m.s	34,3	2,6	0,16	0,23	0,62	0,82	0,011
Tipo de água							
Dessalinizada	798a	89a	6,63a	3,73a	12,16a	15,89a	0,306a
Natural	808a	90a	6,49a	3,65a	12,38a	16,03a	0,295a
Residual	775a	89a	6,48a	3,48a	11,69a	15,17a	0,295a
d.m.s	50,4	3,8	0,24	0,33	0,92	1,21	0,016
C.V. (%)	11,3	7,6	6,5	16,39	13,5	13,7	9,43

*Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Além disso, tem-se que ressaltar que mesmo para as testemunhas absolutas foram registrados valores de condutividade elétrica (Tabela 2) superiores à limiar (1,4 dS m⁻¹), demonstrando que a salinidade observada era, em parte, oriunda dos componentes do meio de cultivo. Comparando a salinidade das testemunhas absolutas com a do substrato antes da fertilização com o adubo de liberação lenta (origem) (Tabela 2), observa-se que o substrato já apresenta originalmente uma condutividade elétrica superior à limiar, sendo elevada posteriormente com a presença do fertilizante no meio de cultivo, a despeito da garantia de uma lenta liberação de íons.

Atentando-se ainda para os níveis de cloreto e de sódio relevantemente mais baixos nos extratos das testemunhas absolutas (D) e no substrato não fertilizado com o adubo de liberação controlada (origem) (Tabela 2), entende-se que a salinidade registrada nestes e nos demais tratamentos, é sim em parte decorrente de íons não tóxicos, oriundos do enriquecimento do substrato customizado à Citrograf Mudás e também oriundos do adubo de liberação controlada. Neste caso, a extrapolação da salinidade limiar sem prejuízos ao crescimento das plantas possivelmente se deve à maior tolerância da cultura à salinidade quando esta é provocada por íons não tóxicos, fato este já descrito por pesquisadores para outras espécies. Para a cultura do pimentão, por exemplo, a salinidade limiar no extrato de saturação indicada por Maas e Hoffman (1977) e por Medeiros (1998) é de 1,50 dS m⁻¹ e 1,55 dS m⁻¹, respectivamente, enquanto, Silva (2002) observou maior tolerância, obtendo valor limiar de 3,58 dS m⁻¹. Silva (2002) justifica que o maior valor para tolerância da cultura pode ser atribuído ao fato de se ter investigado, no seu caso, a salinidade causada por excesso de fertilizantes, não computando os prejuízos do sódio e do cloreto, como certamente realizaram Maas e Hoffman (1977) e Medeiros (1998), em salinidade motivada por águas salinas.

Durante o experimento foram observados sintomas de clorose e necrose nas bordas de algumas folhas baixas, justamente as que podiam ser eventualmente molhadas durante as irrigações, mas que também podiam estar expressando distúrbios nutricionais provenientes da fase de sementeira. Por outro lado, as folhas desenvolvidas após o transplante não mostraram sintomas que pudessem ser atribuídos à absorção radicular de sódio e/ou de cloreto.

6 CONCLUSÕES

Considerando as condições nas quais o experimento foi conduzido, os resultados encontrados permitem concluir que:

- Observou-se diferença no desenvolvimento das plantas em função do porta-enxerto, havendo maior crescimento das plantas de limoeiro 'Cravo', seguidas pelas do citrumeleiro 'Swingle' e por último pelas da tangerineira 'Cleópatra'.
- O desenvolvimento dos porta-enxertos de limoeiro 'Cravo', tangerineira 'Cleópatra' e citrumeleiro 'Swingle' não foi prejudicado pelos níveis de salinidade na água de irrigação.
- O nível de nitrato de cálcio aplicado às águas, além de não incrementar a taxa de desenvolvimento das plantas, mostrou-se prejudicial ao crescimento inicial do sistema radicular e ao engrossamento do caule.
- Não foram registrados sintomas de toxidez que pudessem ser atribuídos à absorção radicular excessiva de cloreto e/ou de sódio.
- O curto período necessário ao crescimento dos porta-enxertos, proporcionado pelo novo sistema de produção, associado às irrigações frequentes e suas frações de lixiviação podem ter restringido os efeitos negativos das águas salinas investigadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).
- BAÑULS, J.; PRIMO-MILLO, E. Effect of chloride and sodium on gas exchange parameters and water relations of *Citrus* plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.86, n. 1, p.115-123. 1992.
- BOAVENTURA, P. S. R. **Demanda por nutrientes de porta-enxertos e mudas cítricas produzidas em substratos em ambiente protegido**. 2003. 62 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2003.
- CARVALHO, S. A. Regulamentação atual da agência de defesa agropecuária para produção, estocagem, comércio, transporte e plantio de mudas cítricas no Estado de São Paulo. **Laranja**, Cordeirópolis, v.24, n.1, p.199-239, 2003.
- FRANCESCATO, R. D. C. **Influência de frequência de irrigação, substrato e adubo de liberação lenta na produção de porta-enxerto cítrico de limão 'Cravo' (*Citrus limonia*, Osbeck)**. 1995. 116 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

GRAF, C. C. D. Vivecitrus e a produção de mudas certificadas. **Laranja**, Cordeirópolis, v.22, n.2, p.533-548, 2001.

GRAZIANO, J. R. Normas para produção de muda certificada de citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v.19, n.2, p.411-421, 1998.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - Current Assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division ASCE**, v.103, n IR2, p.115-134, 1977.

MAAS, E. V. Salinity and citriculture. **Tree Physiology**, Victoria, v. 12, n. 2, p.195-216, 1993.

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de sustratos para horticultura. In: FURLANI, A. M. C. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de sustratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p. 53-76. (Documentos, 70).

MEDEIROS, J. F. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão**. 1998. 152 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

MOURÃO FILHO, F. A. A.; DIAS, C. T. S.; SALIBE, A. A. Efeito da composição do substrato na formação de mudas de laranjeira ‘Pera’. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, n.1, p.35-42, 1998.

OLIVEIRA, R. P. et al. **Mudas de citros**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 32 p.

SILVA, E. F. F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. 2002. 136 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

STOREY, R.; WALKER, R. R. Citrus and salinity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.78, n. 1-4, p.39-81, 1999.

ZEKRI, M.; PARSONS, L. R. Salinity tolerance of citrus rootstocks: Effects of salt on root and leaf mineral concentrations. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 147, n. 2, p. 171-181, 1992.